

Proposta para a abordagem do dilema agricultura x meio ambiente

**Alexandre Grimaldi de Castro,
Geraldo Stachetti Rodrigues
e Marcos César Ferreira**

Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura (CNPDA/Embrapa)

Abstract. *Proposal for approaching the agriculture x environment dilemma.* The need for a rational planning design for the use and occupation of rural spaces is a basic imperative to the development of modern agricultural activities. Meanwhile, this approach requires an analysis of the main environmental structural/functional aspects, undertaking the arrangement and classification of the limiting and conditioning processes of tropical agroecosystems. **Key-words:** landscape ecology, environmental planning.

Resumo. A necessidade de modelos racionais de planejamento para o uso e ocupação dos espaços rurais é um dos imperativos básicos ao desenvolvimento das atividades de produção agropecuária. Esta abordagem requer, no entanto, a análise circunstanciada dos padrões estruturais/funcionais do ambiente, procedendo-se ao ordenamento e classificação dos principais fatores limitantes e condicionantes dos agroecossistemas tropicais. **Palavras-chave:** agroecologia, ecologia, avaliação de impacto ambiental.

A necessidade de um plano de uso e ocupação do espaço rural é um dos imperativos básicos para o desenvolvimento satisfatório das atividades agropecuárias. A disposição dos elementos componentes dos agroecossistemas, definida por este aspecto estrutural, determina a ocorrência de uma série sinérgica de processos e fatores interativos, implicando uma caracterização estrutural e funcional particular de cada sistema analisado¹. Desta forma, é irrefutável o interesse no desenvolvimento de sistemas de planejamento lógicos e pragmáticos, juntamente com a utilização de técnicas e tecnologias de manejo adequadas às condições sócio-econômicas e ambientais predominantes^{2,3}.

A alocação e o manejo do espaço rural po-

dem ser representados por um modelo de três estágios⁴. Estudos ambientais possibilitam o reconhecimento das condições técnicas e ecológicas mais desejáveis e/ou adequadas a determinada situação ambiental. A análise econômica, por sua vez, ordena os sistemas passíveis de utilização, de acordo com um critério de custo/benefício, ou das condições de mercado existentes. E, por fim, verifica-se que a decisão sobre qual a técnica ou sistema de manejo a ser adotado incorre em uma relação de caráter político-administrativo⁵, o qual pode ou não referendar as recomendações econômicas, restando a opção por um sistema ecologicamente viável.

Na primeira parte do modelo, Black⁶ afirma que através do reconhecimento dos princípios

ecológicos, é possível identificar o plano ideal para determinada área, representado por aquele que possibilite a maior produção biológica, sem a deterioração das condições ambientais^{7, 8}. Todavia, inúmeras dificuldades metodológicas e epistemológicas limitam a aplicação deste modelo em planos de desenvolvimento regionais⁹. Atualmente, é muito difícil afirmar, por exemplo, qual o comportamento assumido por determinado sistema de produção frente às condições ambientais e tecnológicas dominantes, ou identificar os padrões de estabilidade e perenidade destes sistemas frente aos fatores de caráter determinístico e/ou estocástico¹⁰.

As tecnologias de manejo desenvolvidas pelos países mais industrializados do ocidente foram elaboradas de forma a atender aos interesses destas economias, abrindo novos mercados para as agroindústrias¹¹. Infelizmente, as consequências ambientais da importação destes pacotes tecnológicos, desenvolvidos em condições ambientais, sócio-econômicas e culturais distintas da realidade encontrada nos países em desenvolvimento¹², não foram antevistas de forma adequada. De fato, grande parte das recomendações agrônômicas provaram-se inaptas às condições de heterogeneidade ecológica e econômica verificada nestes países¹³. A quantidade de pesticidas aplicada nas lavouras, por exemplo, acusou um aumento de cerca de 1.000% nos últimos anos, não ocorrendo, em contrapartida, uma redução significativa dos danos inflingidos pelas pragas^{14,15}.

Resultados de pesquisas recentes têm indicado que a formulação de técnicas e tecnologias de manejo, adequadas e adaptadas aos critérios do produtor e das bases de recursos, incorre em uma análise dos fatores sócio-econômicos e biológicos da produção¹⁶. Esta abordagem requer a investigação dos aspectos tanto econômicos como ecológicos, os quais definem os complexos processos interativos verificados nos agroecossistemas tropicais.

Os fenômenos estocásticos representam, ainda, um dos principais fatores limitantes à produção e produtividade agrícolas, respondendo por perdas consideráveis, e, por vezes, pela inviabilização de determinadas atividades produtivas¹⁷. As formas de investigação destes processos passam pelo reconhecimento dos principais fatores condicionantes e limitantes da produção, com implicações óbvias sobre a caracterização do ambiente físico e biológico e dos processos interativos predominantes no ambiente. Este procedimento implica, ainda, a análise cir-

cunstandiada dos fatores sócio-econômicos, abordados de forma explícita pelos programas de tipificação dos agricultores e propriedades rurais¹⁸. A forma de abordagem dos aspectos funcionais, os quais representam uma inter-relação estreita com as características estruturais dos sistemas, incorre em uma definição e detalhamento dos processos passíveis de serem expressos por modelos determinísticos, definindo-se, ainda, o espaço correspondente aos processos estocásticos¹⁹.

A abordagem a nível de sistema representa uma das alternativas de investigação, com o reconhecimento dos diversos componentes arrolados nos procedimentos de manejo^{2,20}, possibilitando a simulação do fluxo energético e dos demais aspectos estruturais/funcionais dos agroecossistemas^{21, 22}. Modelos determinísticos, ou com uma parcela significativa de seu comportamento expresso de forma linear, são frequentemente utilizados na investigação prospectiva e no monitoramento de sistemas de menor complexidade.

As características estruturais, por sua vez, são responsáveis por grande parte dos padrões funcionais observados nos agroecossistemas. A ciclagem de nutrientes, por exemplo, pode ser arrolada como um índice de funcionalidade, sendo utilizada na investigação dos padrões de estabilidade e perenidade, bem como das taxas de produção e produtividade^{23, 24, 25}. Por outro lado, esta é influenciada por modificações ocasionadas à dinâmica estrutural do ambiente. Através da investigação destes fatores, é possível, assim, definir os padrões de estabilidade (resiliência e resistência) dos agroecossistemas²⁶, possibilitando uma maior previsibilidade do comportamento funcional destes sistemas frente às flutuações estruturais do ambiente, impostas pela utilização de diferentes técnicas de manejo e conservação dos agroecossistemas tropicais.

Vários são os fatores de interferência incidentes sobre os sistemas de produção agrícola. A própria manutenção de uma ordem imposta aos sistemas agrícolas simplificados, contra uma tendência natural de aumento da diversidade dos sistemas biológicos, demanda montantes cada vez maiores de recursos^{27,28,29,30} em um contexto de crescente escassez^{31,32}. A depleção de nutrientes do solo, juntamente com a perda de fertilidade, exigem constantes aplicações de fertilizantes e outros condicionantes edáficos. De forma similar, os defensivos químicos são aplicados para compensar a perda dos mecanismos naturais de autoproteção por parte de alguns cultivares^{33,34,35}.

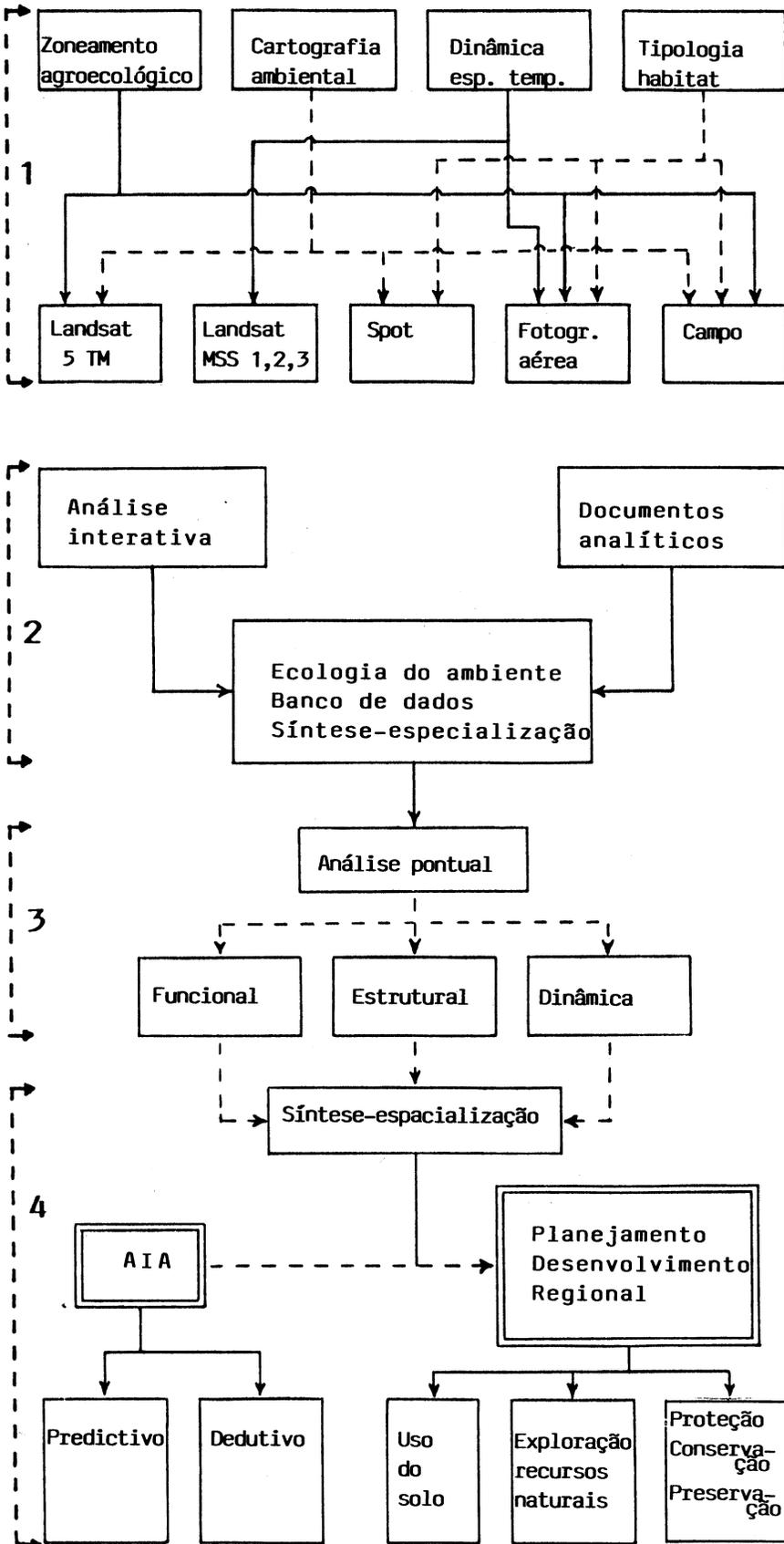


Figura 1 Fluxograma de atividades.

Inúmeros “disfuncionamentos ecológicos” são associados a sistemas de produção agropecuários intensivos, e definidos em dois grupos principais: 1. disfunções nos ecótopos — representadas pela erosão, perda de solo e de fertilidade, depleção de nutrientes, perda de áreas férteis para fins urbanos etc.; e 2. disfunções nas biocenoses — com a perda dos recursos genéticos das culturas, plantas e animais silvestres, eliminação ou depleção acentuada de populações de inimigos naturais, ressurgência de pragas, resistência genética a inseticidas utilizados de forma intensiva e errônea, contaminação físico-química do ambiente, e a eliminação dos mecanismos naturais de homeostase. Sob condições de exploração e manejo intensivos, ao controle destas disfunções segue um aumento dos custos de manutenção e manejo dos agroecossistemas, a ponto de, em algumas culturas, a energia despendida na produção ultrapassar a quantidade obtida na colheita^{36,37,38,39}.

O aumento da frequência e amplitude dos processos erosivos e de perda de solo, é o problema mais freqüente na agricultura moderna^{40,41}, verificando-se uma perda acentuada da fertilidade e aptidão das terras de cultivo. De acordo com a tecnologia de manejo adotada, ocorre uma variação da intensidade e extensão dos processos de degradação e desestruturação dos solos. As técnicas convencionais de manejo dos solos tropicais parecem induzir, no entanto, o surgimento e a manutenção de uma série de fatores de distúrbio⁴², elevando a perda de fertilidade. Culturas com um alto índice de mecanização e tecnologia apresentam, igualmente, uma perda elevada das camadas cultiváveis dos solos, e uma depleção das reservas de nutrientes^{43,44}.

Uma série de técnicas alternativas e suplementares de manejo vem sendo desenvolvida, com o intuito de minimizar o impacto intrínseco das técnicas convencionais sobre os sistemas de produção, e de aumentar a eficiência energética destes sistemas. A formação de estratos intermediários⁴⁵, bem como de técnicas de policultura⁴⁶, são alguns dos exemplos mais conhecidos, contribuindo para a contenção dos processos de degradação ambiental, e para o estabelecimento de sistemas mais estáveis e com padrões de funcionalidade previsíveis^{47, 48}.

Atualmente, tem-se verificado uma tendência à simulação das condições ambientais precedentes à instalação dos sistemas de produção, procurando-se definir o planejamento estrutural de sistemas mais estáveis e perenes, a partir das características estruturais próprias de formações

clímax do local analisado. Este procedimento visa a aproximação estrutural dos agroecossistemas aos níveis de heterogeneidade verificados nas formações naturais, com a manutenção dos índices de complexidade espacial e heterogeneidade estrutural adequados à instalação e desenvolvimento de sistemas estáveis e produtivos.

Uma outra tentativa de se compreender a dinâmica estrutural/funcional destes sistemas de produção, a partir de considerações teóricas em ecologia, envolve a teoria de biogeografia de ilhas. Neste caso, procura-se definir os padrões de estabilidade e perenidade dos agroecossistemas, em função de alguns parâmetros biogeográficos. Para tal, são observadas as curvas de extinção e migração das espécies de interesse econômico, sejam pragas ou inimigos naturais, de acordo com o tamanho, forma e disposição geográfica dos sistemas sob investigação.

Todavia, a aplicação destas técnicas de manejo deve, necessariamente, ser arrolada em uma abordagem holística, na qual os sistemas analisados são enfocados de uma maneira global e interativa. Esta abordagem caracteriza de forma inequívoca a interdependência dos vários componentes dos agroecossistemas, e explicitamente o caráter interativo sinérgico e cibernético observado nestes sistemas. Recentemente, tem-se notado um interesse crescente quanto à aplicação de procedimentos de manejo integrado de agroecossistemas onde são utilizadas diversas técnicas e tecnologias de manejo, estrutural e funcionalmente integradas, com vistas à sustentação da produção e produtividade dos agroecossistemas.

Esta abordagem torna-se mais premente quando tratamos de agroecossistemas tropicais, onde os padrões de estabilidade, heterogeneidade e diversidade são exacerbados. Por constituírem sistemas altamente complexos e diversificados, em um contexto de relativa estabilidade ambiental, os processos interativos assumem uma posição chave na abordagem holística dos sistemas de manejo, tornando necessária a análise criteriosa do papel dos processos e padrões interativos, tal como a predação, herbivoria e parasitismo, bem como as parcelas de estocasticidade implícitas em tais sistemas.

Quanto aos aspectos relativos ao planejamento e ocupação do espaço rural, verificou-se nos últimos anos um desenvolvimento expressivo de sistemas integrados de pesquisa, com a inclusão de procedimentos de avaliação de impacto ambiental⁴⁹. Em vários países, a abordagem dos aspectos ecológicos e ambientais, quando do de-

envolvimento e apresentação de planos de implantação de sistemas de produção agrícola intensivos, tem-se tornado obrigatória, quase sempre com a inclusão de planos alternativos. Uma série de métodos de investigação tem sido proposta para a realização deste reconhecimento ambiental^{50, 51}.

Para o planejamento racional das atividades de exploração e manejo dos recursos naturais, é necessário, no entanto, o reconhecimento acerca das características estruturais e das interações dinâmicas dos principais componentes ambientais, bem como dos aspectos condicionantes da produção diretamente relacionados ao planejamento e ao manejo das atividades em escala espaço-temporal.

O modelo proposto para a abordagem da questão ambiental na agricultura (figura 1) é constituído de quatro fases seqüenciais, a saber: 1. uma etapa de reconhecimento preliminar do ambiente realizada em escala reduzida, através de imagens de satélite, fotografias aéreas e observações de campo, seguida pelo ordenamento, classificação e espacialização dos documentos gerados *a priori* e *a posteriori*, com a estruturação de um banco de dados informatizado; 2. nesta etapa, efetua-se a primeira espacialização dos resultados, expressando-se as informações disponíveis através de mapas, gráficos e tabelas interativas; 3. procede-se a uma análise mais detalhada do ambiente, em pontos previamente estabelecidos nas etapas anteriores, com a investigação dos processos e padrões ambientais abordados em uma escala mais ampla (1:25.000); e 4. os resultados obtidos na etapa anterior são novamente espacializados, constituindo, no entanto, informações mais detalhadas de caráter analítico e experimental.

Os resultados finais podem, então, ser expressos através de análise e avaliação circunstanciadas do impacto ocasionado ao meio ambiente, e ainda através de um plano de desenvolvimento regional. No primeiro caso, o impacto concerne à investigação dos aspectos retrospectivos e predictivos, reportando a ocorrência de eventos passados e a probabilidade de novos distúrbios virem a ser registrados no ambiente. A proposição de um plano de desenvolvimento regional pode resultar, por outro lado, na definição de um plano ideal de uso do solo, em uma sistemática adequada de uso e exploração dos recursos naturais renováveis, e, por fim, na delimitação de áreas voltadas à proteção, conservação e preservação dos ecossistemas e recursos naturais.

Paralelo ao procedimento de amostragem e coleta de dados, podem ser desenvolvidos modelos matemáticos de simulação de sistemas, determinísticos e estocásticos, de acordo com o grau de complexidade, detalhamento e amplitude das propostas de investigação. Estes modelos devem atuar como instrumentos auxiliares e balizadores dos procedimentos experimentais de investigação. A apresentação final destes estudos pode, igualmente, ser representada por um ou mais modelos de simulação, atuando, agora, como instrumentos de planejamento de ocupação espaço-temporal, e de investigação prospectiva dos processos de impacto ambiental.

Esta proposta representa, assim, uma abordagem operacional do dilema meio ambiente x agricultura, na medida em que externa uma preocupação e engajamento explícitos com a precisão e acuracidade das investigações, sem, no entanto, se furtar ao compromisso maior de tornar o procedimento de reconhecimento e planejamento ambiental uma tarefa exequível e de pronta realização. Desta forma, a presente proposta representa um instrumento de apoio ao planejamento e manejo dos sistemas de produção agrícola em escala regional, e ainda, uma resposta operacional ao dilema entre proteção e produção, conservação e desenvolvimento das atividades agropecuárias. □

Notas e referências

1. S.R. Gliessman, R. Garcia e M. Amador — The ecological basis for the application of traditional agriculture technology in the management of tropical agroecosystems. *Agro-Ecosystems*, 7: 173-185 (1981).
2. T.C. Edens e D.C. Haynes — Closed system agriculture: resource constraints, management options and design alternatives. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 20 363-395. (1982).
3. E.E. Miranda — *Diferenciação camponesa e tipologia de propriedade: município de Euclides da Cunha*. Salvador (BA), Emater/BA; Embrapa-Cpatsa/CAR, 41p (1985).
4. J.N. Black — Prolegomenon to the study of natural resources. *Sylva*, 45: 5 (1965).
5. F.R. Buttell — Agriculture structure and rural ecology: toward a political economy of rural development. *Sociol. Ruralis*, 20(1): 44-62 (1980).
6. J.N. Black — Energy relations in crop production: a preliminary survey. *Ann. Appl. Biol.*, 67: 272-278 (1971).
7. D.N. McVean & J.D. Louckie — *Ecology and land use in Upland Scotland*. Edinburgh University, Edimburgo (1969).
8. K.E.F. Watt — *Ecology and resource management*. Nova York, Mc-Graw-Hill (1968).
9. C.F. Cooper & P.H. Zedler — Ecological assessment for regional development. *J. Environ. Mgmt.*, 10: 285-296 (1980).
10. B.H. Walker & G.A. Norton — Applied ecology: toward a positive approach. II. Applied ecological analysis. *J. Environ. Mgmt.* 14: 325-342 (1982).
11. M. Perrelman — *Farming for profit in a hungry world*. Montclair, N.J., Allanheld, Osmus (1977).

12. M.V. Adams; A.H. Ellingboe e E.C. Rossman — Biological uniformity and diseases epidemics. *BioScience*, 21: 1067-1071 (1971).
13. A. De Jarvery — *The agrarian question and reformism in Latin America*. John Hopkins University, Baltimore (1981).
14. D. Pimentel *et al.* — Environmental and social costs of pesticides: a preliminary assessment. *Oikos*, 34: 125-140 (1980).
15. M.A. Altieri e D.K. Letourneau — Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1(4): 405-430 (1982).
16. R.R. Harwood — The need for regional agriculture. *New Farm*, 1: 55-57 (1979).
17. L.G. Firbank e A.R. Watkinson — A model of interference within plant monoculture. *J. Theor. Biol.*, 116: 291-311 (1985).
18. E.E. Miranda — *Treinamento intensivo sobre obtenção de dados e tipificação de propriedades rurais*. Jaguariúna, SP., Embrapa — CNPDA — DEP (1987).
19. H.G. Gaugh Jr. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, 298 p. (1982).
20. O.L. Loucks — Emergence of research on agroecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 8: 173-192 (1977).
21. J. Vandermeer — The interference production principle: an ecological theory for agriculture. *BioScience*, 31: 361-364 (1981).
22. E.P. Odum *et al.* — Resource quality, mutualism and energy partitioning in food chains. *Am. Nat.*, 124(3): 360-376 (1983).
23. S.I. Auerbach — Current perceptions and applicability of ecological analysis to impact assessment. *Ohio J. Sci.*, 78: 163-174 (1978).
24. D.L. de Angelis — Energy flow, nutrient cycling, and ecosystem resilience. *Ecology*, 61(4): 764-771 (1980).
25. R.V. O'Neill *et al.* — Monitoring terrestrial ecosystems by analysis of nutrient export. *Water, Air and Soil Pollution*, 8: 271-277 (1977).
26. G.W. Harrison — Stability under environmental stress: resilience, resistance, persistence and variability. *Am. Nat.*, 113(5) 659-369 (1979).
27. A.C. Turnbull — The ecological role of pest populations. *Proc. Tall Timber Conf. Ecol. Anim. Control Habitat Manage.*, 1: 219-232 (1969).
28. R.M. Perrin — Pest management in multiple cropping systems. *Agro-Ecosystems*, 3: 93-118. (1977)
29. C.R. Carroll — Biotic interaction in tropical agroecosystems *Amer. Zool.*, 19: 1057-1064 (1979).
30. S.J. Risch; D. Andow e M.A. Altieri — Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environ. Entomol.*, 12(3): 625-629 (1983).
31. D. Pimentel *et al.* — Land degradation: effects on food and energy resources. *Science*, 194: 149-155 (1976).
32. T.C. Edens e H.E. Koniag — Agroecosystem management in the resource-limited world. *BioScience*, 30: 697-701 (1980).
33. R.B. Root — Organization of plant arthropod association in simple and diverse habitats: a fauna of collard (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.*, 43: 95-124. (1973).
34. P. Fenny — Plant apparency and chemical defense. In J.C. Wallace & R.L. Mansell (orgs.), *Biochemical interactions between plants and insects*. Plenum Press, Nova York, p. 1-40 (1975)
35. M.A. Altieri & D.K. Letourneau — Vegetation management and insect pest outbreak. Reprinted from *CRC Critical Review in Plant Science*, 2(2): 131-169 (1984).
36. G.M. Cox e M.D. Atkins — *Agricultural ecology*. Freeman, São Francisco, p. 397-379 (1979).
37. F.T. Turpin e A.C. York — Insect management and the insecticide syndrome. *Environ. Entomol.*, 10(5): 567-572 (1981).
38. R.E. Stinner, J. Regnier e K. Wilson — Differential effects of agroecosystem structure on dynamics of three soybean herbivores. *Environ. Entomol.*, 11(3): 538-543 (1982).
39. D. Andow — The extent of monoculture and its effects on insect pest populations, with particular reference to wheat and cotton. *Agric., Ecosystems and Environ.*, 9: 25-35 (1983).
40. M. Alexander — Environmental consequences of rapidly rising food output. *Agro-Ecosystems*, 1: 249-264 (1974).
41. S. Northcliff — Soil loss estimation. In *Progress in physical geography*. Longman, Londres, p. 249-255 (1986)
42. D.H. Muller, T.C. Daniel e R.G. Wendt — Conservation tillage: best management practices for nonpoint runoff. *Environ. Mgmt.*, 5(1): 33-53 (1981).
43. R.R.M. Biascaia — Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucessão trigo-soja, sob chuvas intensas. In *Encontro Nacional de Pesquisa sobre a Conservação do Solo*, 2; Passo Fundo, RS. p. 237-46 (1978).
44. G.J. House e B.R. Stinner — Arthropods in non-tillage soybean agroecosystems: community composition and ecosystem interactions. *Environ. Mgmt.*, 7(1): 23-28 (1983).
45. H.S. Horn — *The adaptive geometry of trees*. Princeton, Princeton University Press. 144 p. (1971).
46. M.A. Altieri e D.K. Letourneau — Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1(4): 405-430 (1982).
47. M.A. Mayse — Culture control in crop fields: a habitat management techniques. *Environ. Mgmt.*, 7(1): 15-22 (1983).
48. C. Uhl e P. Murphy — A comparison of productivities and energy value between slash and burn agriculture and secondary succession in the upper rio Negro region of Amazon Basin. *Agro-Ecosystems*, 7: 63-83 (1981).
49. A.P.A. Vink — *Land ecology and land use*. Longman, Londres (1983).
50. E.C. Van Der Boek *et al.* — The variability of soil properties in a landscape ecological survey in the Tuscan Apennines, Italy. *Catena*, 8(2): 155-170 (1981).
51. G.B.M. Pedroli — Data ordination in ecological land survey: an example. IGV Congress, Paris, (1984).

Artigo recebido em 13/ago/87

Aceito para publicação em 25/fev/88

Autores

Alexandre Grimaldi de Castro e Geraldo Stachetti Rodrigues — pesquisadores do Laboratório de Ecologia e AIA
Marcos César Ferreira — pesquisador do laboratório de Teledeteção Espacial, Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, CNPDA/Embrapa, Caixa Postal 69 — CEP 13.820 Jaguariúna, SP